COLEÇÃO
Documentos da
AMAZÔNIA

STERNBERG,HILGARD O'REILLY

VALES TECTÔNICOS NA PLANÍCIE AMAZÔNICA?

[DOCUMENTO N°144]

VALES TECTÔNICOS NA
PLANÍCIE AMAZÔNICA?

HILGARD O'REILLY STERNBERG

VALES TECTÔNICOS NA PLANÍCIE AMAZÔNICA?

(FAC-SIMILADO)

Somos um Amazonas cheio de orgulho da nossa gente, de nossas raízes, de nossa extraordinária vida cultural. Cada vez mais vamos investir no grande potencial da nossa cultura, na capital e no interior, com foco na geração de oportunidades para novos talentos.

Omar Aziz

Mansagem proferida pelo Governador
Omar Aziz à Assembleia Legislativa do
Estado do Amazonas em fevereiro de 2011.

HILGARD O'REILLY STERNBERG
Professor da Faculdade Nacional de Filosofia e do Instituto Rio Branco

VALES TECTÔNICOS NA PLANÍCIE AMAZÔNICA ?

SEPARATA DA REVISTA BRASILEIRA DE GEOGRAFIA N.º 4 — ANO XII

RIO DE JANEIRO
INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA
CONSELHO NACIONAL DE GEOGRAFIA
1950

REVISTA BRASILEIRA DE GEOGRAFIA

Ano XII | OUTUBRO - DEZEMBRO DE 1950 | N.º 4

VALES TECTÔNICOS NA PLANÍCIE AMAZÔNICA?

HILGARD O'REILLY STERNBERG
Professor da Faculdade Nacional de Filosofia
e do Instituto Rio Branco.

"... immerhin hätten wir doch bei dem Bilde uns Etwas gedacht." OSCAR PESCHEL, *Neue Probleme der Vergleichenden Erdkunde als Versuch einer Morphologie der Erdoberfläche,* 1870, p. 8.

Não é propósito dêste artigo responder à indagação que lhe serve de título. Pretende apenas, sob forma de nota prévia, apresentar o problema aos estudiosos do assunto, indicando os motivos que conduziram à sua formulação.

O exame de cartas em pequena escala da região próxima ao rio Negro — como, por exemplo, as fôlhas da Aeronautical Chart Service, U. S. Army Air Forces, ou as do Conselho Nacional de Geografia, ambas na escala de 1 : 1 000 000 — sugere a existência de certos rumos constantes na padronagem da rêde hidrográfica da planície amazônica. Essa orientação dos grandes lineamentos, que sobressaem na escala cartográfica reduzida, persiste, muitas vêzes, nos pormenores perceptíveis, quer em fotografias aéreas à escala de, por exemplo, 1 : 40 000, quer mesmo *in situ,* por quem sobrevoa a região.

Observam-se, com efeito, os seguintes fatos na morfologia da drenagem na terra-firme daquele trecho da planície hileiana: (1) os extensos lanços sensìvelmente retilíneos que certos rios possuem são, por vêzes, notàvelmente paralelos — coteje-se, por exemplo, o rumo dos rios Urubu e Prêto com o daquele segmento do rio Negro que compreende o arquipélago das Anavilhanas: não há como negar seu paralelismo (veja-se a figura 1); (2) os rios — e suas dilatações lacustres — ocupam amiúde vales que se quebram em ângulo reto, em "joelhos" poderíamos dizer (veja-se a figura 2); (3) os pequenos segmentos retos que constituem êsses joelhos também formam dois feixes de paralelas (veja-se a figura 3). Parece haver duas direções predominantes na drenagem em aprêço, que são, *grosso modo,* NE-SW e NW-SE (vejam-se as figuras 4, 5, 6, 7 e 8). Pôsto que nossos comentários se refiram aos rios da terra-firme planiciária, não excluímos a possibilidade — que só um estudo acurado poderá demonstrar ou afastar — de que essa orientação da drenagem se faça sentir também na trama hidrográfica da várzea.

Gizados os fatos, surge, naturalmente, o desejo de lhes dar interpretação adequada: há de se aventar, ao menos como hipótese de trabalho, o fator responsável pelas particularidades morfológicas apontadas na drenagem.

A só evidência fisiográfica bastaria para dar foros de plausibilidade à idéia de que a rêde hidrográfica houvesse sido escavada nas formações sedimentá-
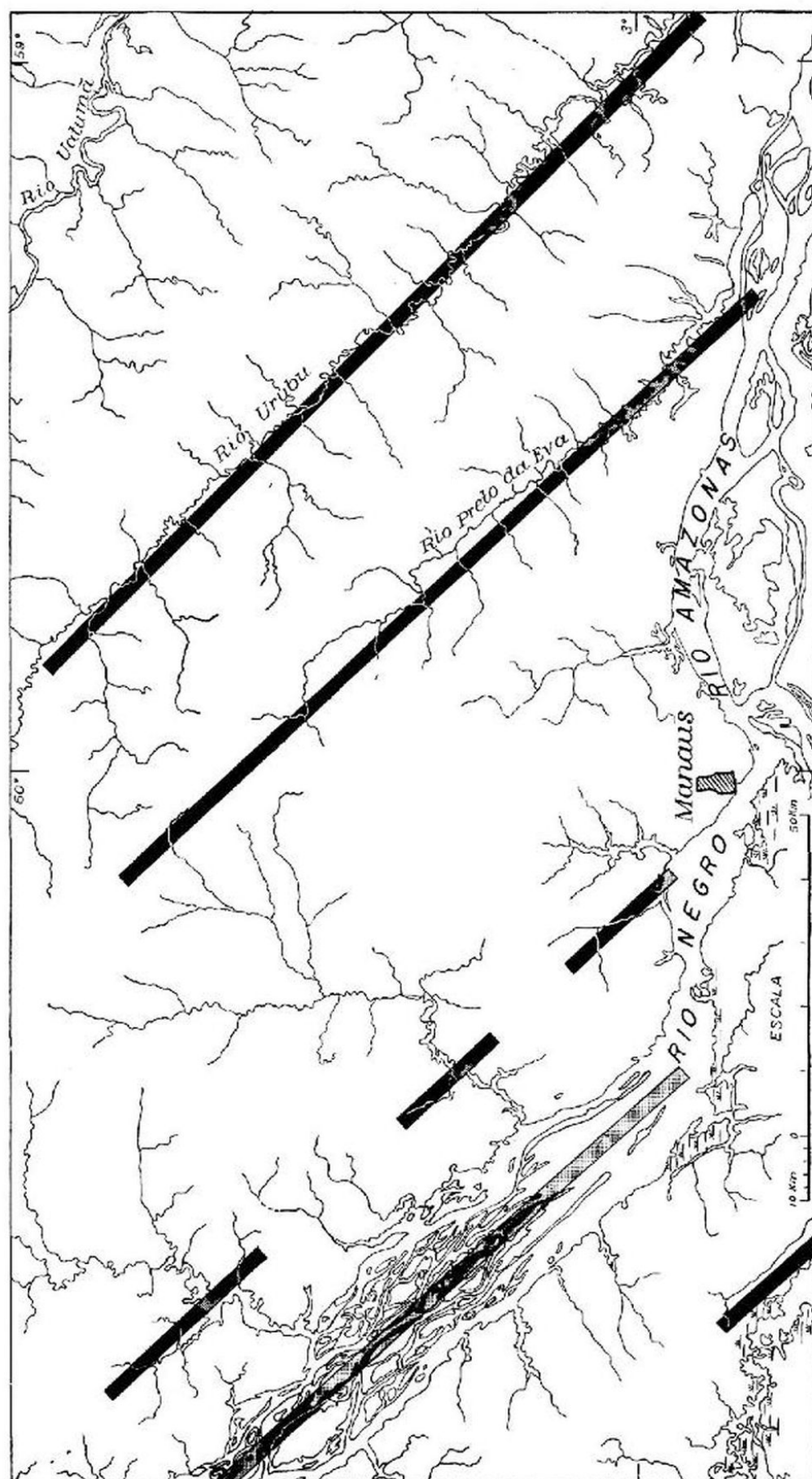
Fig. 1 — *Paralelismo de alguns afluentes da margem esquerda do rio Amazonas que drenam a terra-firme na região de Manaus. Extraído das folhas 947 (Jamundá River) e 948 (Negro River)* da World Aeronautical Chart, *Aeronautical Chart Service, U.S. Army Air Forces, na escala de* 1:1 000 000, *3.ª edição revista em janeiro de 1950 e 2.ª edição revista em fevereiro de 1949, respectivamente.*

rias horizontais ou sub-horizontais segundo linhas gerais ditadas por um sistema conjungado de juntas ou falhas. Entretanto, graças a uma observação — infelizmente isolada — de ODORICO DE ALBUQUERQUE, podemos aduzir uma evidência geológica mais direta em favor da existência de falhas precisamente nas formações sedimentárias da terra-firme amazonense. Escreveu o saudoso geólogo:

"Os bancos de argilito [do barranco da terra-firme, à margem do rio Urubu] são sempre divididos por superfícies de escorregamento estriadas e polidas como se tivessem sido sujeitos a esforços que determinaram movimentos na massa." [1]

Natural supor que os movimentos tectônicos sugeridos tivessem sido, ao menos algumas vêzes, acompanhados de sismicidade mais ou menos intensa e mais ou menos localizada. Notemos então que, de fato, tremores de terra, por várias vêzes, foram assinalados na região amazônica. Não se pode, é verdade, por enquanto, estabelecer uma relação de causalidade entre os sismos registados e os ajustamentos da crosta sugeridos. Mas, vejamos o que escreveu, por exemplo, o padre SAMUEL FRITZ em seu famoso *Diário*, reportando-se ao paredão de terra-firme que perlonga a margem esquerda do rio Amazonas, entre as bôcas dos rios Urubu e Negro:

"A 6, pela manhã, surgiram ao lado do Norte as terras em que, no anno passado de 1690, pelo mez de Junho occorreu um grandissimo terremoto. Pareciam ruinas de grandes cidades: penhascos caïdos, arvores grossissimas desarraigadas e lançadas ao rio; terras muito altas desmoronadas; outras brancas, vermelhas, amarellas, no meio de pedras e arvores, amontoadas sôbre as margens; por toda parte lagôas abertas, bosques destruidos, e tudo sem ordem mixturado. Onde havia terra arenosa ou lodosa o estrago se não fizera sentir. Dizia frei Theodosio que ao mesmo tempo houve marulhada horrivel no rio, morrendo muito peixe; e a isso era que attribuiam os gentios a minha detenção, dizendo que o Pará e todos haviam de perecer. Continuavam as ruinas por umas quatro leguas de rio; *terra a dentro tinha sido maior o estrago; e o terremoto foi caminhando por umas tresentas leguas para cima até as ilhas dos Omaguas* [a montante de Iquitos?], *onde depois me disseram que as casas tinham abalado.*" [2] (grifo nosso)

Tal a violência com que, por vêzes, as terras ribeirinhas desabam, solapadas pelo caudal de águas turbulentas, que alguém poderia ter o fenômeno relatado por uma simples — se bem que excepcionalmente violenta — "terra caída". Isto, não fôsse o período final do trecho que tomamos ao zeloso missionário. Se exatas, suas palavras descrevem um verdadeiro terremoto, de âmbito dilatado, a sacudir as terras do vale. Ora, conforme ensinam os especialistas da geologia sísmica, — entre êles F. DE MONTESSUS DE BALLORE, um dos principais sismologistas franceses, antigo diretor do serviço sismológico do Chile —, os tremores são, via de regra, causa e não conseqüência dos desmoronamentos. É perfeita-

[1] ODORICO RODRIGUES DE ALBUQUERQUE, "Reconhecimentos Geológicos no Vale do Amazonas," Rio de Janeiro: Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil, *Boletim* N.º 3, 1942: 14-15. Cabe acrescentar, a bem da verdade, que às vêzes o abatimento superficial na própria massa argilosa, produzido por acomodação dos sedimentos, pode ser responsabilizado por pequenas falhas localizadas. Falhas que atravessam o terciário e o quaternário da planície amazônica foram observadas no estado do Pará por FRIEDRICH KATZER, "Geologia do Estado do Pará" (tradução de Frei HUGO MENSE, *Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi*, vol. IX, 1933). Isto sem falar nas fraturas que cortam formações mais antigas (devoniano, siluriano, etc.), anotadas pelo próprio KATZER, por PEDRO DE MOURA e outros.

[2] "O Diário do Padre Samuel Fritz" (com introdução e notas de RODOLFO GARCIA), *Revista do Instituto Histórico e Geográfico Brasileiro*, tomo 81, 1917, p. 391.

Fig. 2 — *Lago Badajós. Vista obliqua para o sul, colhida a 20 000 pés de altitude. A extremidade meridional do lago se encontra a uns 40 quilômetros e o limite inferior da gravura a uns 7 quilômetros da linha de vôo. (Foto U.S. Army Air Forces, 19 de agôsto de 1943; neste ano as águas da região abrangida pelas fotografias aqui reproduzidas, atingiram seu nível máximo nos últimos dias de junho e primeiros dias de julho, verificando-se a mínima das vazantes em princípios de novembro).*
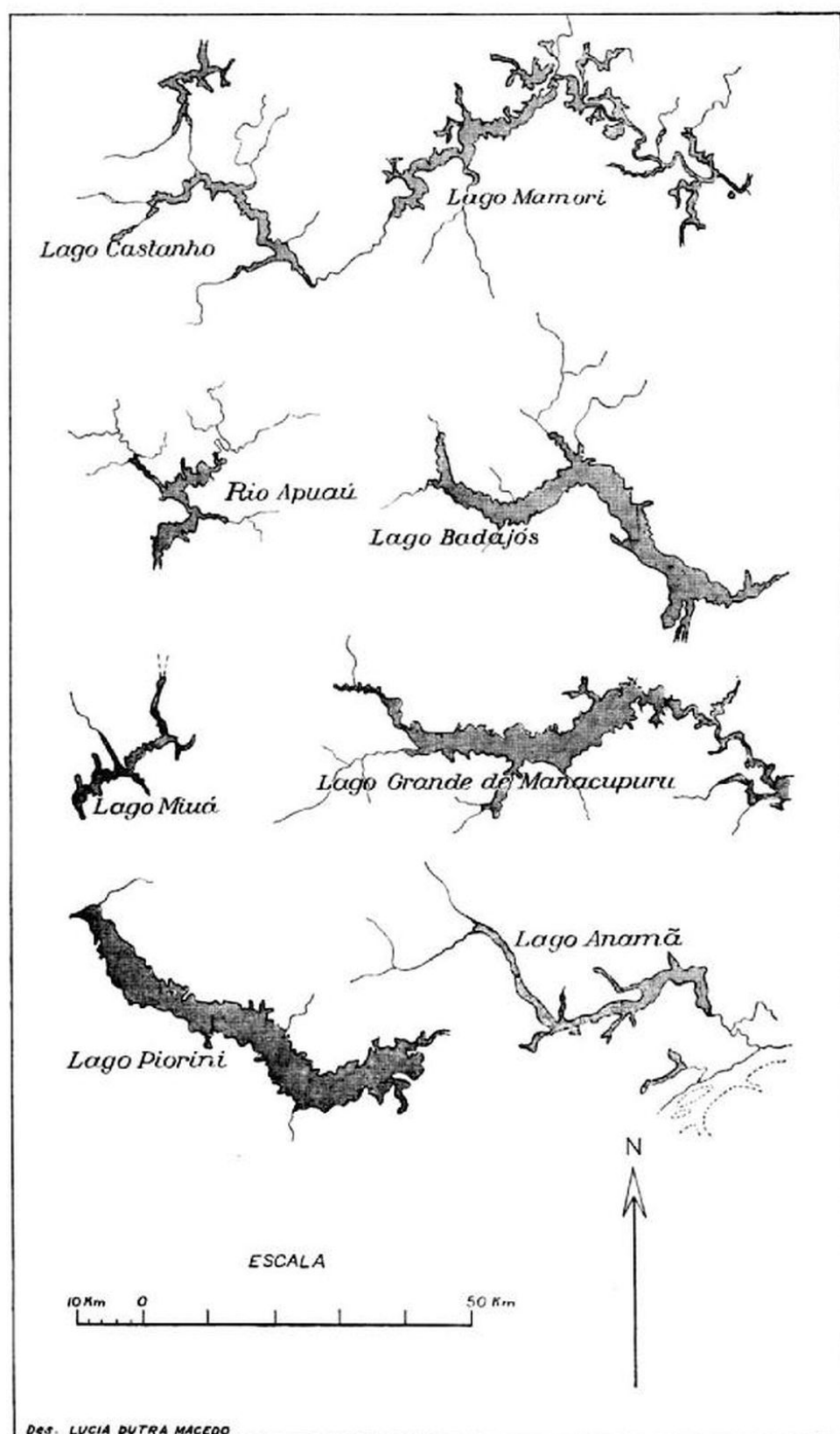
Fig. 3 — *Alguns "joelhos" na drenagem da terra-firme nas proximidades de Manaus. Extraídos da fôlha 948 (Negro River)* da World Aeronautical Chart, *Aeronautical Chart Services. U.S. Army Air Forces, na escala de 1:1 000 000. 2.ª edição revista em fevereiro de 1949. Mantida a orientação original.*

Fig. 4 — *Reentrâncias de padronagem ortogonal à margem do lago Mamori. Fotografia vertical colhida de 20 000 pés de altitude (escala de, aproximadamente, 1:40 000). O norte está no alto da gravura. (Foto U.S. Army Air Forces, 15 de agôsto de 1943).*

mente admissível, portanto, que a derrocada de terras descrita pelo padre FRITZ tenha tido por origem um movimento tectônico, um deslocamento ao longo de falhas como as que parecem recortar a região.

Admitamos, pois, — ainda como hipótese de trabalho, bem entendido — que a causa imediata da padronagem hidrográfica seja um conjugado de fraturas e falhas. É razoável levar nossas cogitações a seu têrmo lógico, perguntando pela causa eficiente dêste diastrofismo. Enveredamos aqui, forçoso é confessá-lo, ainda mais profundamente pelo domínio da especulação, bem que não falte a esta certo fundamento analógico, que passamos a expor.

Encontravamo-nos na Luisiana no mês de abril de 1943, quando tivemos o ensejo de testemunhar acontecimento extraordinário e altamente esclarecedor. Abriu-se, próximo à localidade de Vacherie, na planície inundável do Baixo Mississipi, uma falha, que, rasgando pastagens e lavouras, atravessando estradas e fazendo adernar casas de moradia, pôs em pânico a gente simples daquela zona rural. A figura 9 oferece alguns aspectos dêste fenômeno tão raro, cujos traços ràpidamente se apagariam pela ação da chuva, pelo pisoteio do gado, pela lavra dos campos, pela passagem das viaturas, etc.

Êste acontecimento aguçou o interêsse dos geólogos e geomorfólogos da Mississipi River Comission e da Universidade da Luisiana pelo falhamento como fator da morfologia da Central Gulf Coast Plain. Observações subseqüentes vieram comprovar a existência de vastíssima rêde de falhas — abrangendo tanto várzea como terra firme — no vale do Baixo Mississipi e na Costa do Gôlfo, algumas tendo expressão topográfica superior à do acidente de Vacherie; outras se manifestando na orientação da drenagem, em diferenças de solo ou em contrastes de vegetação (veja-se a figura 10).

Pois bem, estudos geológicos e geomorfológicos, sòlidamente alicerçados no conhecimento da estrutura subsuperficial [3], apontaram como causa provável dos movimentos crustais, a subsidência da orla litorânea, calcada sob o imenso e crescente pêso dos sedimentos acumulados na região deltaica, e o resultante deslocamento de matéria subcrustal, a produzir áreas de soerguimento.

Não permite o âmbito desta nota que, a título de elucidar as conclusões dos geomorfólogos do Mississipi, ventilemos os princípios da isostasia. Limitamo-nos a indicar a figura 11, reproduzida de DALY [4] e que sintetiza o que nos preocupa. A sobrecarga aí figurada seria, no caso vertente, o pacote sedimentar depositado no gôlfo do México.

Suponhamos, pois, aceita, a doutrina consubstanciada no esquema de DALY; ainda assim, há um ponto cujo fundamento teórico caberia talvez esclarecer: o empeno por compensação isostática seria capaz de produzir um sistema de fraturas e falhas como o que foi assinalado? Não tivéssemos o exemplo concreto do vale do Mississipi, onde um sistema conjugado ortogonal de falhas parece tão indisputàvelmente associado à geossinclinal do gôlfo, ainda assim nos inclinaríamos a responder afirmativamente. Ao invés de nos basearmos em exemplo da natureza, poderíamos buscar razões no laboratório. São, com efeito, muito conhecidos os resultados obtidos pelo geólogo DAUBRÉE [5] com a torção de uma placa de vidro: a formação de dois feixes aproximadamente ortogonais de fraturas (veja-se a figura 12). Ora, um binário de fôrça comparável fàcilmente se pode estabelecer na crosta terrestre pela deformação resultante do jôgo de subsidência e surreição simultâneas. Ainda que se deva ter as maiores reservas na extrapolação para a natureza de resultados obtidos em laboratório — máxime quando os materiais são tão diversos — não deixa de oferecer interêsse a comparação da figura 13 com as figuras 3 e 8.

O sistema de falhas aventado para a região manauense teria sido produzido por um processo análogo àquele indicado para o vale do Mississipi? Em outras palavras, é possível explicá-lo, por uma deformação da crosta que tivesse por origem o abatimento de área mais ou menos contígua? Temerário, querermos completamente resolvido na Amazônia um problema que implica pormenorizado conhecimento da estrutura subsuperficial. Examinemo-lo, porém, por partes e

---

[3] A existência de riquíssimos lençóis de petróleo resultou no acúmulo, através de pesquisas geofísicas e mais de 100 000 perfurações, de imensa soma de dados, acervo de informações que a investigação científica desinteressada por si só jamais poderia reunir.

[4] REGINALD ALDWORTH DALY, *Strength and Structure of the Earth*, Nova York: Prentice Hall, Inc., 1940, p. 59.

[5] [GABRIEL] A. DAUBRÉE, *Études Synthetiques de Géologie Experimentale*, Paris: Dunod, Éditeur, 1879, pp. 306-314.

Fig. 5 — *Lago Mamori. Vista oblíqua para o sul, colhida de 20 000 pés de altitude.* **Os** *bordos superior e inferior da gravura estão a 13 e a pouco mais de 2 quilômetros da linha de vôo, respectivamente. (Foto U.S. Army Air Forces, 15 de agôsto de 1943).*
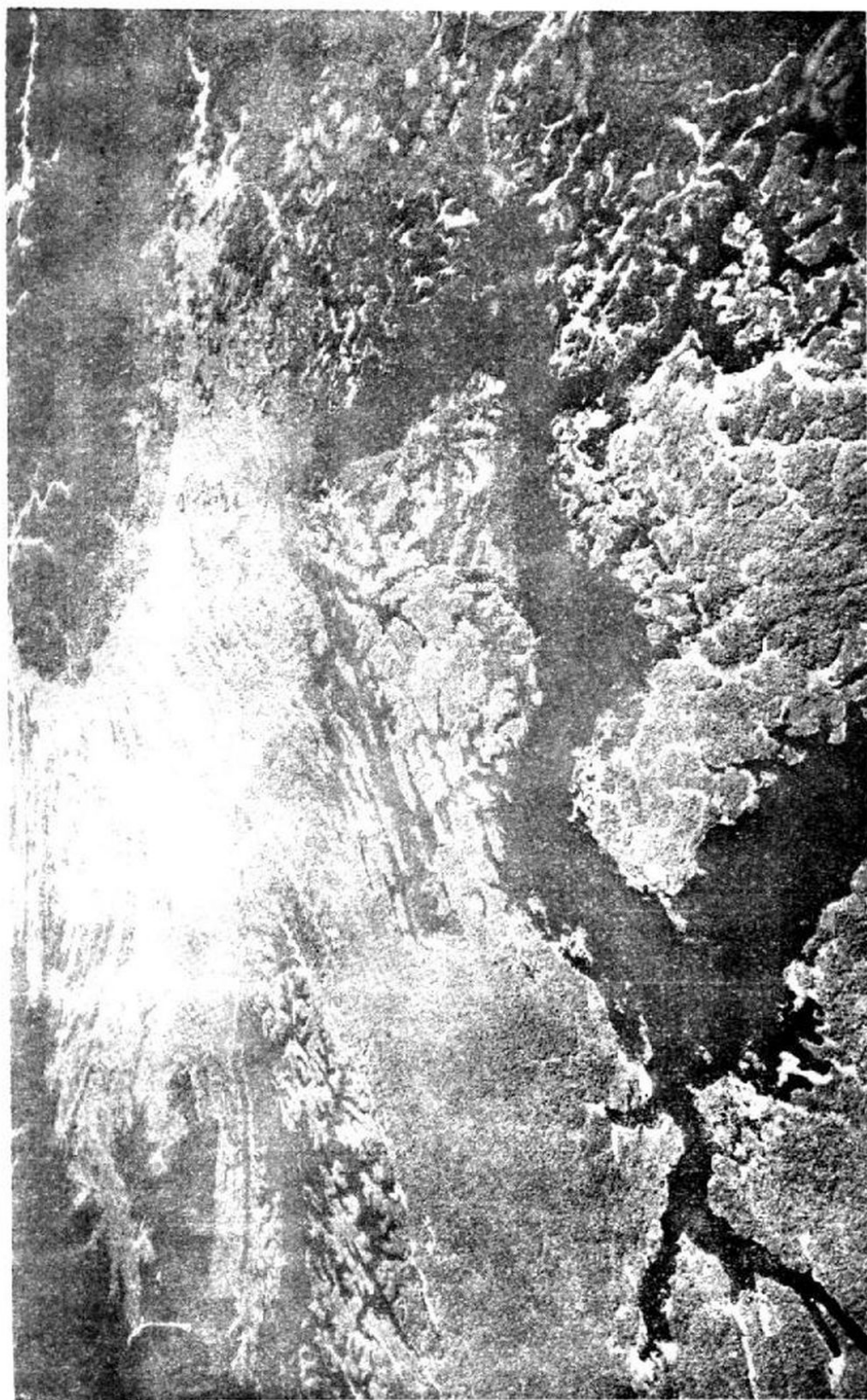
Fig. 6 — *Lago Manaquiri. Vista oblíqua para o norte, colhida de 20 000 pés de altitude. Os bordos superior e inferior da gravura estão a 22 e a 3,5 quilômetros da linha de vôo, respectivamente. Observe-se o traçado retangular da calha lacustre na metade inferior da fotografia e, sobretudo, o feixe de cristas emersas que ocupa a parte central da gravura. Estas, ao contrário do que se poderia talvez julgar, não são restingas ou pestanas, alinhadas na várzea. São estreitas faixas de terra-firme, alternadas com fitas de terreno afogado. Sugerem-nos a presença de um verdadeiro "campo de fratura". (Foto* **U.S.** *Army Air Forces,* **15 de agôsto de 1943**).

vejamos se aqui é pelo menos admissível a explicação tida por provável no caso do Mississipi.

Haveria na Amazônia um acúmulo de sedimentos cujo volume tivesse sido suficiente para vencer a estabilidade da crosta, romper o balanço isostático e, assim, provocar na matéria subcrustal movimentos tendentes a reestabelecer êsse equilíbrio? Convém inicialmente fixar a noção de que a estabilidade da crosta, debaixo de uma carga que lhe seja sobreposta, é menor do que se poderia crer. Já referimos alhures [6] o fato de que, em determinadas condições, a própria atividade do homem é capaz de provocar tais ajustamentos na litosfera: a sobrecarga representada tão sòmente pelo acúmulo de água a montante da barragem de Boulder no rio Colorado, produziu, não apenas tremores de terra locais, mas também um afundamento da crosta verificadamente superior a 1 decímetro (veja-se a figura 14).[7] Isto pôsto, cabe volvermos nossas atenções para o entulho sedimentar do plaino amazônico: não um, mas vários espessamentos do pacote parecem atingir volumes tais que poderiam responder por um fendilhamento da crosta.

Comecemos pelo menos desconhecido. De regresso dos Estados Unidos, onde acompanháramos o desenvolver dos trabalhos no Baixo Mississipi, detivemo-nos na hipótese, nascida apenas de considerações geomorfológicas, de que também a região da embocadura do rio Amazonas tivesse sofrido subsidência por sobrecarga. Esbarramos, entretanto, com afirmações subscritas por nomes de merecida projeção, segundo os quais aquela região teria tôda ela, à flor da pele, a continuidade do embasamento cristalino. Era, pois, com a devida prudência que vínhamos indicando a nossos alunos de Geografia do Brasil a possibilidade de um tal fenômeno. Hoje, todavia, graças às pesquisas metódicas do Conselho Nacional do Petróleo, sabemos da existência de um extenso e profundo pacote sedimentar que se alonga à bôca do rio Pará. Prospecções geofísicas indicam ter no mínimo 120 quilômetros de leste a oeste e mais de 500 quilômetros de norte a sul, estendendo-se desde o rio Capim até o oceano Atlântico, através das ilhas de Marajó, Caviana e Mexiana. As mesmas prospecções revelam que a espessura dêsse pacote, vale dizer, a magnitude do abatimento na região marajoara, ultrapassa em certos pontos 3 000 metros. Notícias procedentes diretamente do local onde hoje se perfura o primeiro poço pioneiro, no município de Cametá, indica já terem sido atravessados 2 230 metros de sedimentos não fossilíferos de aspecto jovem — não parece haver na secção vencida, de fácies deltaica, formação alguma que remonte além do plioceno. Não dispomos ainda de estudos definitivos sôbre anomalias gravimétricas na região, sendo pois, prudente não afirmar como certo um deslocamento do material subcrustal. É provável, contudo, que essa fuga de material em profundidade tenha acompanhado *pari passu* o abatimento da região. Desnecessário acrescentar que a juventude dêsses sedimentos — por provar que a subsidência ainda se processa

---

[6] "O Homem como Fator Geográfico", (discurso de recepção aos novos sócios empossados a 3 de outubro de 1949 na Sociedade Brasileira de Geografia), *Boletim Geográfico*, ano VII, n.º 79, (outubro de 1949), pp. 739-743.

[7] Uma descrição pormenorizada dessas observações se encontra em D. S. CARDER e J. B. SMALL, "Level Divergences, Seismic Activity, and Reservoir Loading in the Lake Mead Area, Nevada and Arizona", *Transactions*, American Geophysical Union, vol. XXIX, n.º 6 (dezembro de 1948) pp. 767-771.

ou apenas há pouco cessou — favorece a tese de que o deslocamento de matéria subcristalina pudesse produzir deformações em camadas tidas por terciárias e até nas formações quaternárias.

Fig. 7 — *Padronagem ortogonal na terra firme que drena para o rio Urubu. Fotografia vertical colhida de 20 000 pés de altitude (escala de, aproximadamente, 1:40 000). O norte está no alto da gravura. (Foto U.S. Army Air Forces, 23 de agôsto de 1943).*
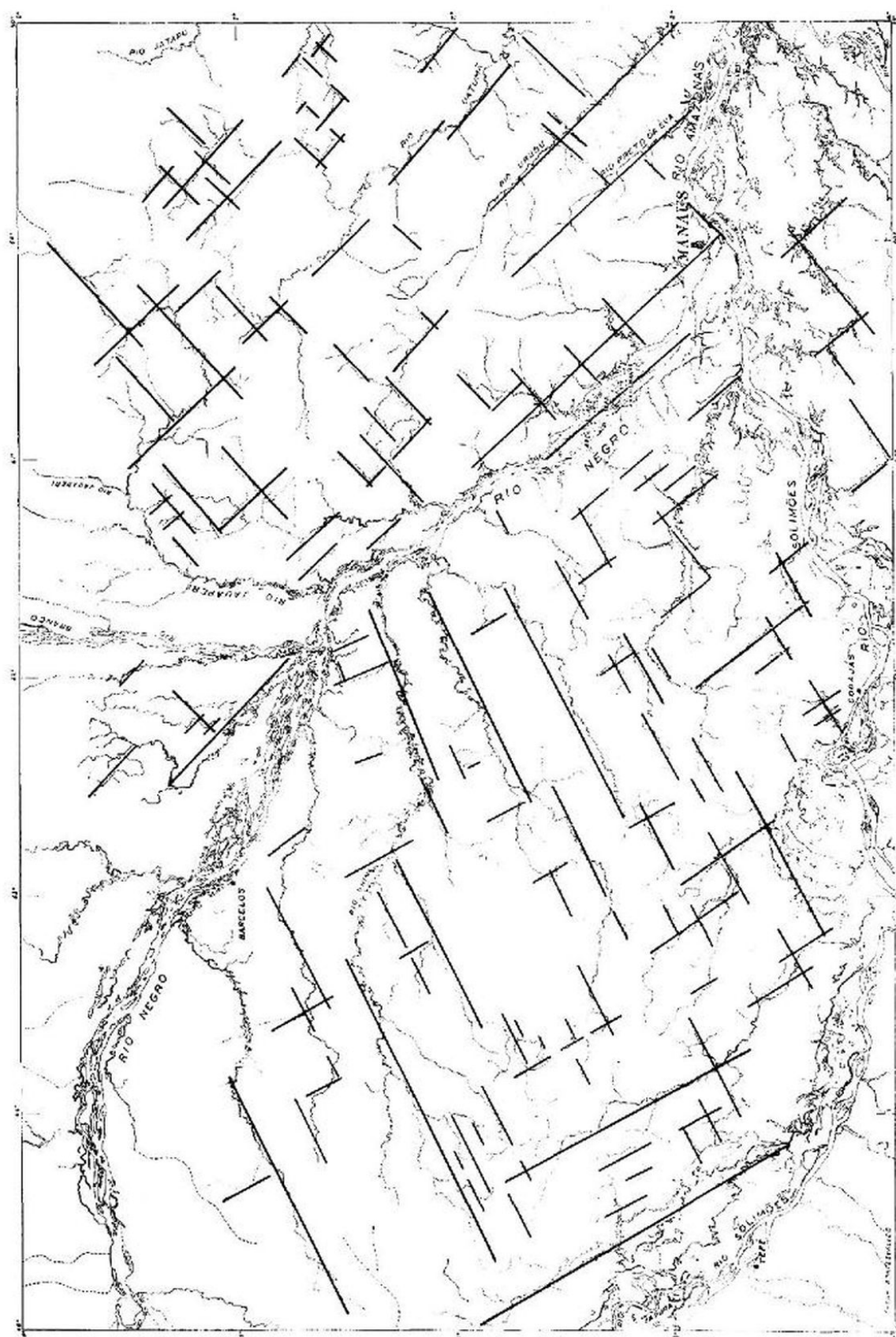
Fig. 8 — *Padronagem regional da hidrografia da terra firme na região de Manaus. Baseado na fôlha 948 (Negro River) da* World Aeronautical Chart. *Aeronautical Chart Service, U.S. Army Air Forces, na escala de* 1:1 000 000, *2.ª edição revista em fevereiro de 1949. Os segmentos de reta que figuram no mapa têm por único escopo chamar atenção para a orientação de alguns trechos de rio. Não se pretendeu figurar a totalidade de linhas da padronagem sugerida. Mesmo porque o desenho é sumamente esquemático e tem por fonte exclusiva a fôlha de pequena escala; fôsse extraído diretamente de um mosaico de*

Várias objeções poderão ser levantadas contra a idéia de que o afundamento na bôca do vale pudesse repercutir na tectônica da região rionegrense. Em primeiro lugar, a distância. É certo que o afastamento entre o poço pioneiro do Conselho Nacional do Petróleo, na confluência dos rios Pará e Tocantins, e Manaus ultrapassa mil quilômetros. Todavia, a distância que medeia entre o delta do Mississíppi e o limite setentrional da área afetada pelos fenômenos tectônicos observados, também não se mede em umas quantas dezenas de quilômetros, mas é da elevada ordem de 900 quilômetros.[8] Outra contestação, que, à primeira vista, poderia parecer justa, decorre do raciocínio seguinte: no vale do Mississipi, o pacote sedimentar se espessa gradativamente para o sul, a partir de Cairo, Illinois, até atingir a possança máxima na geossinclinal do Gôlfo; todo o reticulado de falhas se encontra sôbre êsse pacote. No caso da bacia amazônica, há, todavia, entre a área onde acreditamos perceber um sistema de fraturas e a área de afundamento, nas imediações da foz do Amazonas, uma espécie de "alto fundo", onde o embasamento cristalino, chegando à proximidade da superfície[9], divide ou, pelo menos, quase divide, o pacote sedimentar em dois segmentos distintos. É contudo, errado supor que essa espécie de soleira do embasamento, pudesse agir, por assim dizer, como um "divisor de águas" tectônico. Fôsse assim e qualquer soerguimento devido à compensação isostática, verificado a leste do travessão seria devido exclusivamente a abatimentos localizados também na "vertente" oriental dêsse obstáculo e, inversamente, qualquer sistema de fraturas encontrado na província que demora a oeste da sela subsedimentar, não poderia ser atribuído a uma sobrecarga encontrada a leste da mesma. O êrro dêste raciocínio está em supor que os ajustamentos (causadores de fraturas) se "propaguem" através da massa sedimentar, passíveis de interceptação por qualquer obstáculo que se alevante no seio desta. Ora, conforme postulou BARRELL, (que tem sido seguido por autores da envergadura de um BAILEY WILLIS, de um WILLIAM BOWIE[10]), o deslocamento horizontal de substância plástica subcrustal se processa abaixo de tôda a litosfera,[11] não sendo, pois, afetada pelo fato de ser contínua ou descontínua a massa sedimentar que repousa sôbre o embasamento.

Não parecem, pois, irredutíveis as dúvidas que, mais de pronto, suscita a correlação tectônica entre as regiões manauense e marajoara. Suponhamos, entretanto, que se venham a opor-lhe argumentos irrespondíveis.

---

[8] A êste respeito, há de se cogitar ainda da diferença entre o grau de rigidez da área interessada num e noutro caso. Que tal diferença existe, parece inegável. Enquanto o pacote sedimentar da geossinclinal do gôlfo do México resultou num como que abaciar do fundamento, que se fletiu mas não se rompeu, tudo leva a crer que na área marajoara, estejamos em presença, se não de um verdadeiro *Graben*, pelo menos de desabamento de flancos íngremes, que teve talvez a orientá-lo antiga faixa de fraqueza ou fratura produzida, noutras eras, no rígido escudo brasileiro.

[9] Situa-se esta sela na altura da ilha Grande de Gurupá, onde, segundo mostra o mapa de contornos sismográficos do embasamento cristalino (Conselho Nacional de Petróleo, *Relatório de 1949*, fig. 10), a camada de alta velocidade (embasamento) se encontra a menos de 500 m abaixo do nível do mar.

[10] WILLIAM BOWIE, *Isostasy*, Nova York: E. P. Dutton & Company [Copyright, 1927], p. 132.

[11] Segundo os cálculos do geofísico W. SCHWEYDAR, por exemplo, a crosta rígida teria 120 quilômetros de espessura; abaixo dela estaria a zona ligeiramente mais plástica, a "astenosfera" de BARRELL.
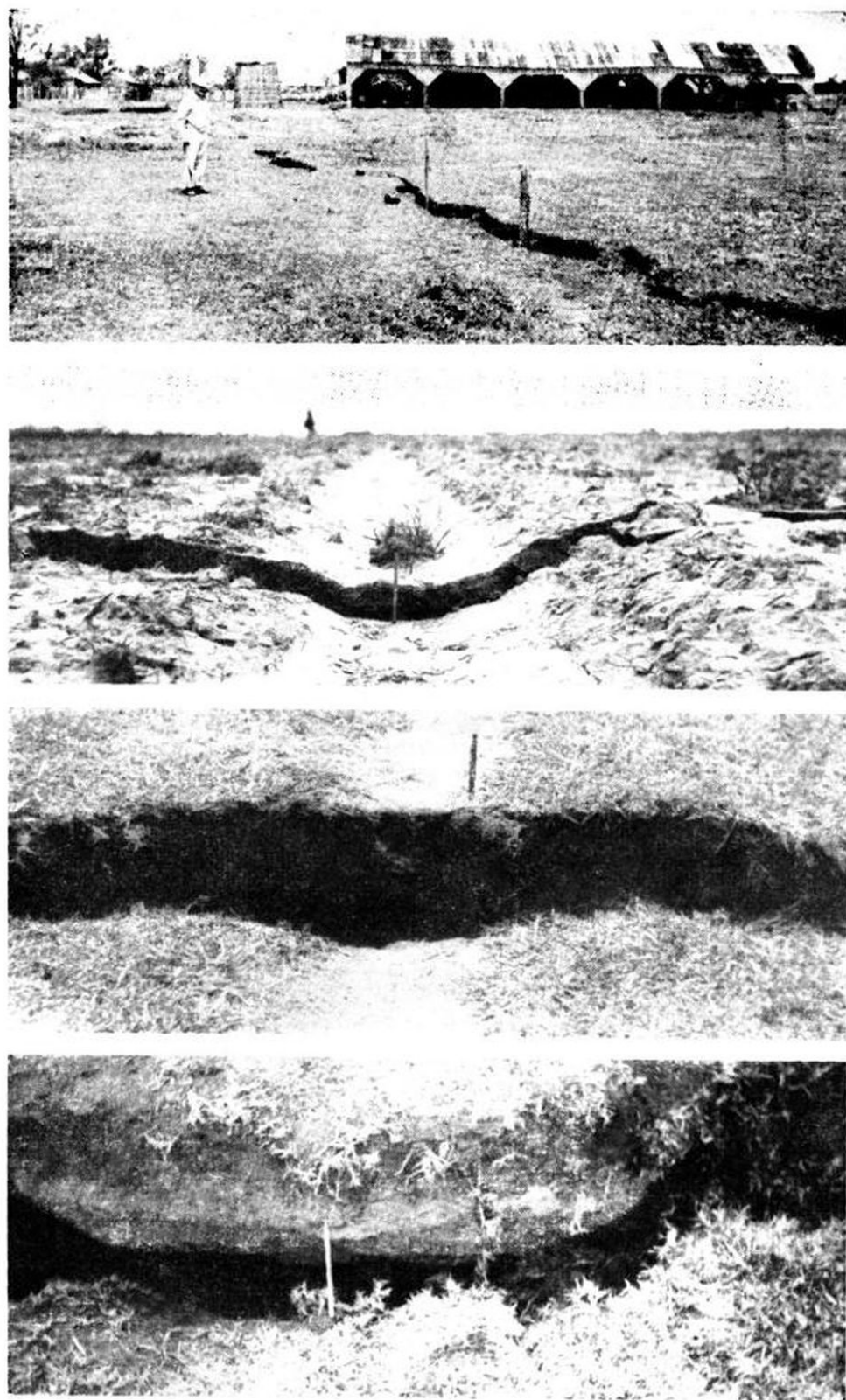
Fig. 9 — *Vários aspectos da falha que, em abril de 1943, se abriu na planície inundável do Baixo Mississipi, próximo à localidade de Vacherie, Estado de Luisiana. Note-se, nas três fotografias inferiores, o lápis colocado como escala.* (Fotos de H. N. FISK e V. J. HENDY).
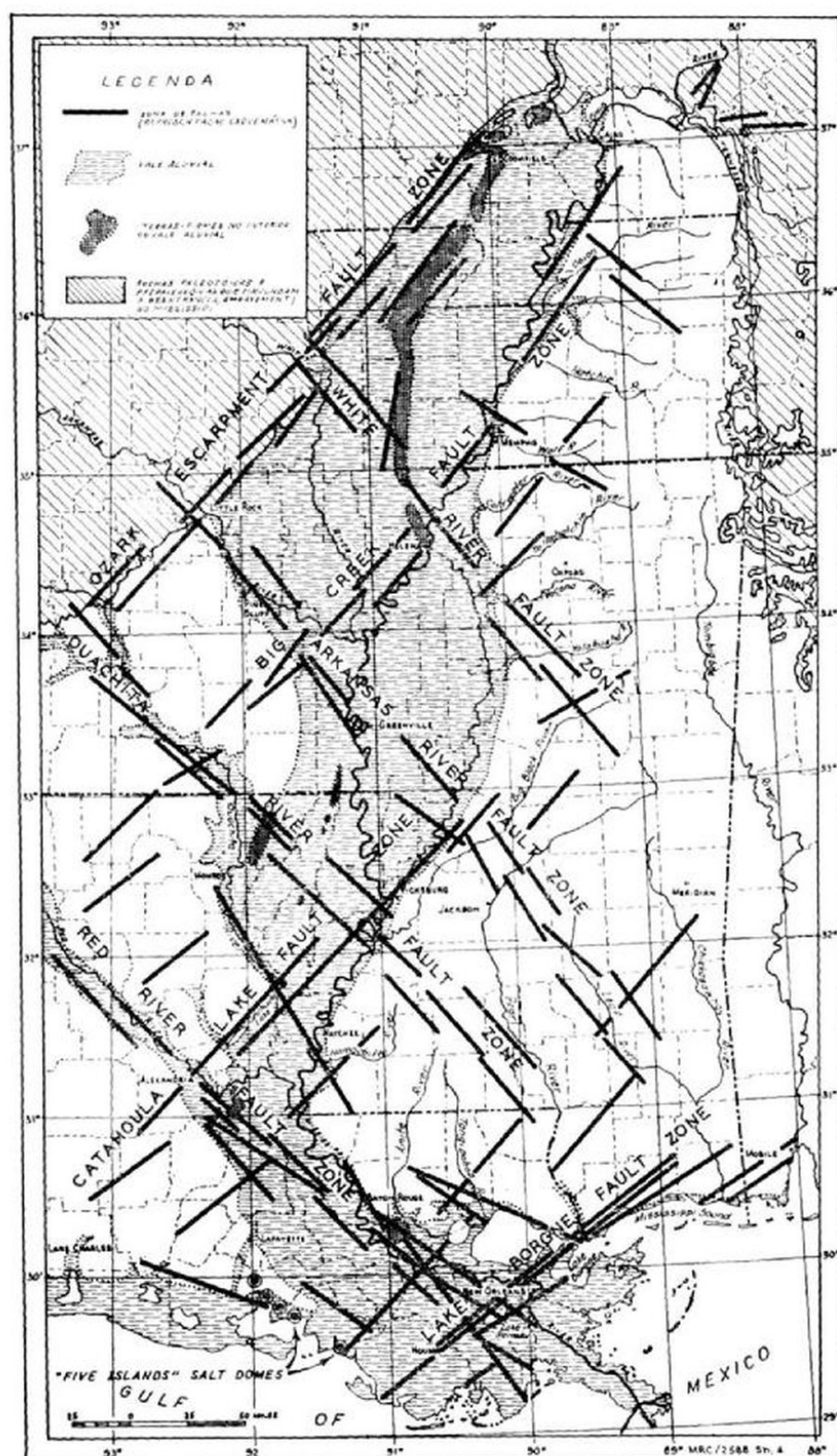
Fig. 10 — *Padronagem regional de fraturas na parte central da planície costeira do gôlfo do México e seu prolongamento pela "reentrância" do Mississipi. Deve-se notar que o mapa, em escala reduzida, não pretende representar cada falha de per si, mas apenas as principais zonas de falhamento.* (Segundo FISK).

Examine-se, embora perfunctòriamente, o mapa que está sendo elaborado à base das últimas observações dos técnicos do Conselho Nacional do Petróleo, ainda entregues ao trabalho de campo programado para êste ano de 1950.[12] São dados provisórios, sujeitos a retificação e a complementação pelas pesquisas ainda em curso. Ressalvado assim o caráter mais ou menos hipotético das espessuras indicadas naquele mapa, que, por enquanto, assenta exclusivamente na prospecção pelo método gravimétrico, podemos notar um abaciamento na região do rio Maués-Guaçu. Aqui, uma sondagem geofísica, na localidade ribeirinha de Conceição, 250 quilômetros de Manaus, conduz à crença de que o embasamento se encontra a 1 870 metros de profundidade.

Fig. II — *Esquematização do princípio da compensação regional. A carga deprimiu a litosfera, primitivamente horizontal; devido à viscosidade da astenosfera e à rigidez da litosfera, produziu-se um suave abaulamento em tôrno da área abatida. (Segundo* DALY)

Outro abaciamento, ainda mais próximo a Manaus e, ao que parece, ainda mais profundo, é o que foi acusado pela prospecção geofísica na região do baixo Madeira. Junto à localidade de Perseverança, à margem direita dêste rio, a uns 130 quilômetros de Manaus (e menos de 70 quilômetros do "joelho" do lago Mamori, que se vê na figura 3), o estudo da velocidade da refração nos materiais da crosta leva a crer que o embasamento esteja a 2 500 metros abaixo da superfície. Aliás, na costa da Terra Nova, na ilha do Careiro, à bôca mesmo do rio Negro (Ponto 153 da atual campanha), o embasamento parece já decair para a depressão do rio Madeira acima citada, encontrando-se a 855 metros de profundidade.

Quanto à idade dos depósitos que preenchem as duas bacias sedimentares ora referidas, só a perfuração poderá, evidentemente, dar a última palavra. Enquanto não dispusermos dêsse conhecimento, não poderemos afirmar que tais massas de sedimentos devam ser responsabilizadas pela deformação das camadas jovens da terra-firme planiciária.

É curioso assinalar que uma interpretação provisória dos dados fornecidos pela prospeção geofísica sugere a presença de importante falha (rejeito de algumas centenas de metros) na região de Itaquatiara; se fôr confirmada a sua existência, é óbvio que êsse acidente pode ser enquadrado, sem discrepância, nas conjecturas aventuradas no presente artigo.

À vista do exposto, verifica-se que a explicação da padronagem ortogonal dos rios da região manauense poderá vir a ser feita, ainda à luz da hipótese geral formulada, sem, contudo, estar inexoràvelmente vinculada ao problema ma-

---

[12] Deixamos aqui consignados os agradecimentos devidos ao diretor da Divisão Técnica do Conselho Nacional do Petróleo, engenheiro AVELINO INÁCIO DE OLIVEIRA, que nos facultou o conhecimento do estado atual das pesquisas na calha amazônica. Ressalte-se, de passagem, a orientação esclarecida do general JOÃO CARLOS BARRETO, mandando dar divulgação ampla aos resultados dos trabalhos do órgão que preside. Com êle, o Conselho Nacional do Petróleo saiu da atmosfera impenetrável de sigilo em que funcionava e os *Relatórios* anuais que, desde 1944, vêm marcando sua gestão, além de testemunharem democrático respeito à opinião pública, constituem admiráveis repositórios de dados, à disposição da ciência e da técnica.

rajoara. O fato de virmos eventualmente a "prescindir" da massa sedimentar de Marajó como causa eficiente principal do *processus* sugerido não significaria necessàriamente não ter ela parte no sistema de fôrças atuante sôbre a crosta da região em discussão.
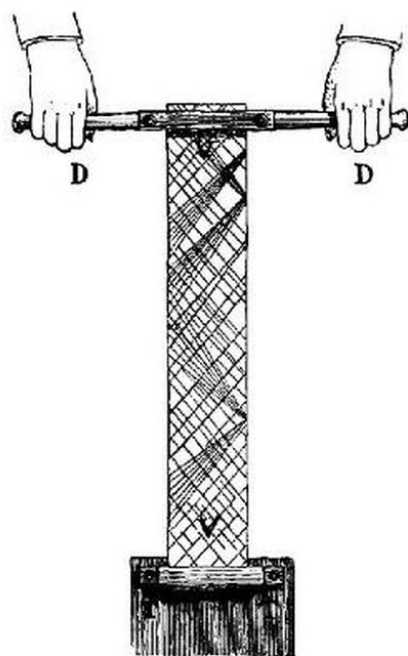
Fig. 12 — *Rutura de uma lâmina de vidro pela torção, mediante uso de um dispositivo apropriado — VV, placa retangular de vidro; TT, tôrno que mantém a extremidade fixa; DD, desandador, no qual se insere a extremidade livre do vidro. Vê-se indicado o duplo sistema de fraturas segundo o qual o vidro foi fragmentado. Escala de 1:6* (Segundo DAUBRÉE)

Além dos espessamentos de área mais ou menos circunscrita e volume relativamente acanhado, como os exemplificados pelas duas depressões acima indicadas, é possível que sejam descobertos, no vale amazônico, outros pacotes sedimentares, que, em possança, ultrapassem até o depósito marajoara. Se assim acontecer, não ficará destruída a hipótese de deformação isostática aqui esboçada. Desde que uma parte significativa dos sedimentos integrantes de tais pacotes se insiram no alto da coluna geológica, a hipótese ficará, pelo contrário, robustecida.

Nem se desmantelaria a hipótese à observação de que os rumos seguidos pela padronagem hidrográfica da área manauense são encontrados novamente na estrutura de outras regiões do Brasil. Daí se viria a inferir apenas que a sobrecarga sedimentar deflagrou o tectonismo em faixas de fraqueza preexistentes na crosta da terra, por baixo das camadas mais novas que atualmente nivelam a planície amazônica. Ter-se-ia, assim, rasgado na superfície o traço de um acidente geológico, profundo e antigo, porém extenso.[13]

Gostaríamos de rematar esta nota despretensiosa com a reflexão de que nosso entendimento da morfologia terrestre há de realizar incessante evolução. Êste mudar e crescer, êste abandonar de idéias ultrapassadas, à medida que novos fatos e teorias vão surgindo, é comum a tôdas as ciências. Rejeitadas que sejam, pois, as concepções que nos aventuramos a delinear aqui, poderemos dizer que o painel construído ao menos teve o mérito de nos levar a meditar sôbre o assunto. Bem de propósito, fomos buscar em PESCHEL a epígrafe que inscrevemos no alto destas linhas — em PESCHEL, de quem DE MARTONNE diria *éveilleur d'idées*.

[13] Não seria lícito afastar a hipotese de que a rêde tectônica aqui indicada pudesse ser inserida em um grande sistema, que abrangeria a totalidade da crosta terrestre, conforme postulou, por exemplo F. A. VENING MEINESZ, "Shear Patterns of the Earth's Crust", *Transactions*, American Geophysical Union, vol. XXVIII, n.º 1 (fevereiro de 1947), pp. 1-61, ilustr.
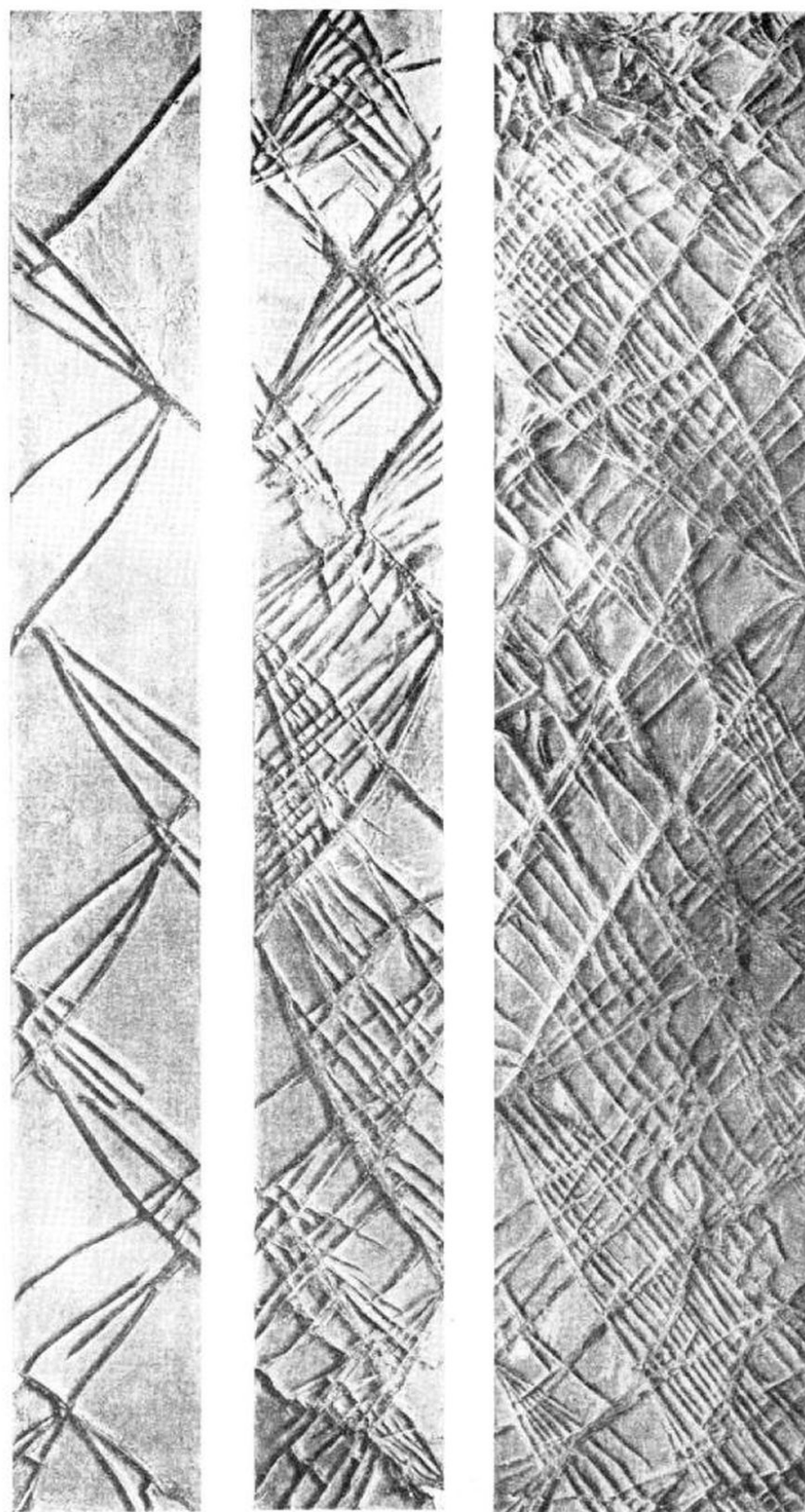
Fig. 13 — *Três placas de vidro rôtas mediante uso do dispositivo indicado na figura 12. As fissuras, que apresentam evidente tendência para o paralelismo, se grupam freqüentemente em duas direções ou sistemas, que se podem dizer conjugados. Varia de uma placa para outra a densidade das "malhas" do reticulado de fraturas. Escala de, aproximadamente,* 1:5. *(Segundo* DAUBRÉE).
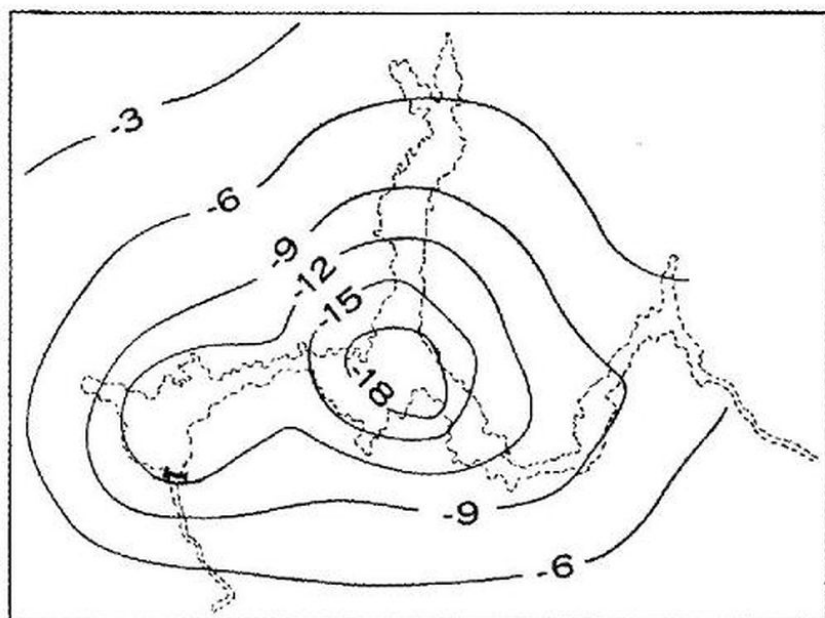
Fig. 14 — *Abatimento da crosta na região do lago Mead, formado no rio Colorado pela represa de Boulder. Valores estimativos em centímetros: o afundamento efetivamente observado através de um nivelamento de precisão chegou a 12 centímetros. (Segundo o Bureau of Reclamation, in* CARDER e SMALL)

* * *

RÉSUMÉ

Par l'examen de cartes à l'échelle du 1 : 1 000 000 et de photographies aériennes, ainsi que par l'observation directe faite en vol, l'auteur est amené à penser que, tout au moins aux alentours de Manaus, l'orientation du drainage de la *terra-firme* de la plaine amazonique dépend, jusqu'à un certain point, de la structure. Les vallées creusées par les riviéres paraissent suivre deux directions de prédilection qui sont, *grosso modo*, NE-SW et NW-SE.

Dans une tentative d'interprétation de cette configuration, il s'offre, comme hypothèse de travail, l'idée que cette orientation résulte d'un système de fractures et de failles de l'écorce terrestre. La présence de surfaces de glissement polies et striées dans les formations sédimentaires parait renforcer l'hypothèse avancée, laquelle semble rencontrer une autre confirmation dans le rapport d'un missionnaire jésuite du XVIème siècle qui décrit un tremblement de terre intense dans la région de Manaus, tremblement qui se serait propagé vers l'amont sur prés de mille huit cents kilomètres. Admettant que la configuration du réseau hydrographique ait une origine tectonique, l'auteur se demande la raison de ces déformations.

Il croit que le problème s'éclaircira s'il est examiné à la lumière des connaissances acquises dans la vallée du Bas Mississipi où la géologie sous-superficielle a été étudiée. Il rappelle, tout d'abord, avoir assisté, en avril 1943, à la formation d'une faille qui trancha la plaine inondable récente prés de Vacherie en Louisianne. L'observation de cette dislocation de la surface stimula l'intérêt des géologues et des géomorphologues de la Mississipi River Commission et de l'Université de l'Etat de Louisiane par le tectonisme comme agent d'orientation du drainage de la région. Des recherches subséquentes amenèrent la découverte d'un système de fractures et de failles étendu qui parait être du directement aux tensions crées dans l'écorce terrestre par la subsidence dans la zone deltaique (sous l'épaisse masse de sédiments qui s'accumule là) et par le flux du matériel situé sous l'écorce. Là, l'auteur fait allusion à l'expérience de Daubrée bien connue au cours de laquelle une plaque de verre, brisée par torsion, se fragmente suivant un mode semblable à celui observé dans la vallée du Mississipi (et, apparemment, aussi dans l'Amazone) conseillant, néanmoins, de procéder avec soin en reportant dans la nature de tels résultats de laboratoire.

La configuration hydrographique de la région de Manaus peut-elle s'expliquer par l'affaissement de la surface plus ou moins contiguë? Y aura-t-il dans la vallée quelque accumulation de sédiments capable de produire une dislocation de la matière située sous l'écorce? Afin de montrer que la croûte terrestre peut s'effaisser par surcharge relativement petite, l'auteur cite le cas du Lac Mead, où l'eau accumulée en amont de la digue de Boulder, dans le Colorado (U. S. A.), provoqua, non seulement des tremblements de terre locaux, mais aussi un effondrement de la croûte de plus de 12 cm. Ceci dit, on vérifie que, en plusieurs endroits, l'épaisseur des sédiments dans la vallée de l'Amazone serait suffisante pour surcharger l'écorce terrestre et causer la subsidence. L'auteur indique quelques points où la prospection géophysique a démontré l'existence d'appréciables masses de sédiments.

Il examine en premier lieu le bassin sédimentaire de l'Ile de Marajó. On estime que cet amoncellement, à la bouche de l'Amazone, a, plus ou moins, 120 Km de largeur, 500 Km de longeur et plus que 3 000 m de profondeur. En creusant un puits de pétrole on avait déjà traversé, en décembre 1950, 2 230 mètres de sédiments paraissant jeunes.

L'auteur passe à l'examen de quelques-unes des objections que l'on pourrait faire au rapprochement des structures de Manaus et de Marajó. Il rappelle que, bien que la distance entre les deux aires soit supérieure à 1 000 Km cela ne peut empêcher la répercussion tectonique de se faire sentir car on l'a constatée dans le cas du Mississipi à une distance de l'ordre

de 900 Km. Un autre fait, qui tient à ce que les sédiments remplissant la dépression amazonique sont séparés en deux unités par un seuil du soubassement (ce qui n'arrive pas dans le Mississipi, où la masse s'épaissit régulièrement du nord au sud) ne parait pas constituer une sérieuse objection car les ajustements provenant de la subsidence ne se "propagent" pas à travers les sédiments mais se vérifient à une grande profondeur, sous la croûte.

Ensuite l'auteur étudie d'autres aires qui pourraient peut-être répondre au tectonisme considéré. Il se base sur la carte provisoire organisée par le Conseil National du Pétrole avec des éléments recueillis par le procédé de la réfraction durant sa campagne de l'année 1950. L'âge des sédiments qui remplissent les bassins considérés n'étant pas encore connu — parmi eux il y en a un, très proche de Manaus, paraissant atteindre la profondeur de 2 500 m — on ne peut encore affirmer, en fait, que leur accumulation eut été capable de déformer les couches jeunes où se développe le réseau de vallées en rapport avec la tectonique. L'auteur attire l'attention vers une faille que l'interprétation des donnés géophysiques recueillies parait suggérer dans le soubassement non loin de Manaus.

L'auteur note que la rencontre d'autres masses sédimentaires dans la vallée n'annulera pas l'hypothèse formulée dans cet article. Enfin le fait qu'une orientation semblable à celle indiquée ici se rencontre aussi dans la structure d'autres régions du Brésil, amènerait à penser que la surcharge sédimentaire dans la vallée de l'Amazone a déclanché un tectonisme en zones de moindre résistance pré-existant dans l'écorce terrestre, au-dessous des couches plus neuves qui nivellent actuellement la plaine amazonique.

RESUMEN

El examen de las cartas en la escala de 1 : 1 000 000 y de fotografías aéreas, así como la observación directa en vuelo ha llevado al autor a suponer que, por lo menos, en las inmediaciones de Manaus, la orientación de la "tierra-firme" del drenaje de la llanura amazónica, depende, hasta cierta parte, de la estructura. Los valles esculpidos por los ríos parecen seguir preferentemente dos direcciones que son, *grosso modo*, NE-SO y NO-SE.

La interpretación de esta 'red" ofrece como hipótesis de trabajo la idea de que la misma resulte de un sistema de fracturas y fallas en la corteza terrestre. La presencia de superficies de resbalamiento estriadas y pulidas en las formaciones sedimentarias parece fortalecer dicha hipótesis, la cual tal vez tenga confirmación en el relato de un misionero jesuita del siglo XVII, cuando describe intenso temblor de tierra en la región de Manaus, terremoto que se hubiera propagado hasta 1 800 Kilómetros valle arriba. Siendo la "red" hidrográfica de origen tectónico, surge para el autor el problema de la causa del diastrofismo.

Supone que los conocimientos adquiridos en el valle del bajo Mississippi en donde la geología subsuperficial ha sido bastante estudiada, permitirán la comprensión del problema. Señala que, en abril de 1943, presenció una falla que rasgó el cauce mayor reciente cerca de Vacherie en Louisiana.

La observación de esta dislocación de la superficie aumentó el interés de los geólogos y geomorfologistas de la "Mississippi River Commission" y de la Universidad del Estado de Louisiana respecto al tectonismo como agente de orientación del drenaje de la región.

Investigaciones subsecuentes han permitido el descubrimiento de extensa "red" de fracturas y fallas, la cual parece ser atribuible directamente a las tensiones producidas en la región del delta (bajo la espesa acumulación de sedimentos que se forma ahí) y el consecuente flujo de material que aparece bajo la corteza.

El autor menciona la conocida experiencia de DAUBRÉE en que una placa de vidrio, quebrada por torsión se fracciona según una "red" muy semejante a la observada en el valle de Mississipi (y, aparentemente, también en el Amazonas). Advierte por lo contrario que es preciso proceder con cuidado al transponer, para la naturaleza, estos resultados de laboratorio.

La "red" hidrográfica de la región de Manaus puede explicarse por deformación producida en la corteza debido al hundimiento de área más o menos contigua? En el valle existirá una cantitad de sedimentos capaz de dislocar la materia que se halla bajo la corteza? Para demostrar que la presión de sobrecarga relativamente pequeña es capaz de causar hundimientos en la corteza terrestre el autor menciona el ejemplo del lago Mead donde el agua acumulada en la montante de la represa de Boulder en el río Colorado (U.S.A.), ha determinado no sólo tremblores de tierra locales, como también un hundimiento de la corteza de más de 12 cm. En efecto, constátase que, en más de un lugar, el espesor de los sedimientos en el valle amazónico sería suficiente para sobrecargar la corteza y causar el hundimiento. El autor apunta algunos lugares donde la prospección geofísica mostró la existencia de grandes masas de sedimentos.

La cuenca sedimentaria de la Isla Marajó merece el examen del autor en primer lugar. Calcúlase que esta acumulación en la embocadura del Amazonas, tenga por lo menos 120 kilómetros de anchura, 500 Km de extensión y 3 000 metros de profundidad. En la perfuración de un pozo de petróleo, en diciembre de 1950, 2 230 metros de sedimentos aparentemente jóvenes habían sido atravesados.

El autor examina después algunos de los argumentos que se podrían oponer a la correlación entre las estructuras de Manaus y de Marajó. Hace notar que, si la distancia entre las dos áreas es superior a 1 000 Km en el valle Mississipi la repercusión del tectonismo del hundimiento puede observarse a una distancia del orden de 900 Km. El otro argumento presentado dice que los sedimentos que llenan la cuenca amazónica están separados en dos unidades por una solera del zócalo lo que no tiene lugar en el Mississipi, en donde la pontencia de los sedimentos aumenta progresivamente hacia el sur.

Dicho argumento no parece tener fundamento si se considera que los ajustamientos causados por hundimiento no se propagan a través de los sedimentos pero ocurren en gran profundidad bajo la corteza.

El autor examina también las otras áreas que podrían obtener explicación por influencia del tectonismo en cuestión, tomando como base el mapa elaborado por "El Consejo Nacional del Petróleo" con datos cogidos por el proceso de refracción en el curso de sus trabajos en este año de 1950. Como no se conoce todavía la edad de los sedimentos que llenan las cuencas observadas, una de las cuales está bastante próximo de Manaus y parece tener la profundidad de 2 500 m. —, no se puede afirmar que su acumulación hubiese sido capaz de deformar los estratos jóvenes, donde se desarrolla la red de valles bajo la acción de la tectónica. El

autor llama la atención para la falla que la interpretación de los datos geofísicos cogidos parece mostrar en el zócalo no alejado de Manaus.

Hace notar que la existencia de otras masas sedimentarias en el valle no invalidaría la hipótesis presentada en este artículo. El hecho de encontrarse también en la estructura de otras regiones del Brasil la misma orientación indicada podría significar apenas que la sobrecarga sedimentaria en el valle amazónico hubiese provocado un tectonismo de fajas flacas preexistentes en la corteza de la tierra, por bajo de los estratos más jóvenes, que nivelan la llanura amazónica.

RIASSUNTO

L'esame delle carte nella scala di 1 : 1 000 000 e di fotografie aeree, e inoltre l'osservazione diretta, a volo, condurrono l'autore alla probabile conclusione che, al meno nelle vicinanze di Manaus, l'orientazione del drenaggio della terra ferma della pianura amazonica dipende, fino ad un certo punto, dalla struttura. Le valli cavate dai *fiumi sembrano* seguire due direzioni preferenziali, che sono, *grosso modo*, NE-SW e NW-SE.

In un tentativo di interpretare questa orientazione, si offre, comme ipotesi di lavoro, l'idea che essa risulta da un sistema di fratture e di fessure nella crosta terrestre. La presenza di superfici di sdrucciolamento striate e liscie nelle formazioni sedimentarie sembra roborare l'ipotesi avventata, la quale troverà forse una conferma di più nel relato di un missionario gesuita del secolo XVII, il quale descrive un intenso tremor di terra nella regione di Manaus, terremoto che si avrebbe propagato su per la valle, circa trecento legue. Ammettendosi che l'orientazione idrografica abbia infatti un origine tettonico, esplora l'autore la regione del diastrofismo.

Crede l'autore che il problema sarà messo sotto luce più chiara, se esaminato avendosi *in conto* gli studi fattisi nella valle del Basso Mississipi, la cui geologia infrasuperficiale è stata esaustivamente esplorata. Ricorda inanzi tutto di aver visto, nel Aprile 1943, una fessura che ha squarciato la pianura inondevole recente vicino a Vacherie, nella Louisiana. L'osservazione di questo spostamento della superficie ha aguzzato l'interesse dei geologi e dei geomorfologisti della "Mississipi River Commission" e della Università dello Stato di Louisiana sul conto dei tettonismo comme agente orientatore del drenaggio della regione. Investigazioni posteriori portarono alla scoperta di un assai ampia sistemazione di fratture e di fessure, il che sembra doversi attribuire direttamente alle tensioni imposte alla crosta terrestre dalla *sussidenza* nella regione deltaica, (sotto lo spesso accumulamento di sedimenti che ivi si trovano) e al conseguente flusso di materie sottocrostali. A questo punto, l'autore allude alla connosciuta sperienza del DAUBRÉE, in cui cioè, una lastra di vetro, spezzata per torsione, si frammenta secondo una sistemazione somigliante a quella osservata nella valle del Missisipi (e, aparentemente, anche in quella dello Amazonas) avvertendo però che solo con cautele si può strapolare alla natura i risultati del laborattorio. Potrà spiegarsi l'orientazione idrografica della regione di Manaus da una deformazione prodotta nella crosta a causa di una depressione dell'area più o meno contigua? Vi sarà nella valle qualche *accumulamento* di sedimenti, capace di produrre degli *spostamenti* di materie sottocrostali? Col fine di mostrare che la *crosta terrestre* è atta a cedere sotto una pressione relativamente debole, l'autore cita ad esempio il caso del lago Mead, ove l'acqua accumulata nel Boulder Dam sul fiume Colorado ha provocato non soltanto dei terremoti locali, ma anche la depressione della crosta in più di 12 cm. Onde si dimostra che, in più di uno luogo, la densità dei sedimenti nella valle amazonica sarebbe sufficiente per sovracarricare la crosta e causare la *sussidenza*. L'autore indica alcuni punti, dove la prospezione geofisica a dimostrato l'esistenza di notevoli masse di sedimenti.

L'autore esamina in *primo luogo* il bacino sedimentare dell'isola di Marajó. Si estima que questo *pacco* alla foce dello Amazonas, abbia, almeno, 120 kl. di larghezza, 500 kl. di lunghezza e 3 000 metri di profundità. Nella perforazione di un pozzo di petroleo già si aveva, a Dicembre 1950, traversato 2 230 metri di sedimenti apparentemente giovani.

L'autore poi ribatte qualche obiezioni che si potrebbero fare contro la correlazione tra le strutture di Manaus e quella di Marajó. Ricorda in tal senso che se la distanza tra le due aree è superiore a 1 000 kl., anche nella valle del Missisipi la ripercussione tettonica della *sussidenza*, si fa sentire a una distanza nel ordine dei 900 km. L'altro fatto allegato, cioè che i *sedimenti* che riempiono il canale amazonico sono separati da una soglia d'imbasamento (che non occorre nel Missisipi, ove il *pacco* s'ingrossa regolarmente nella direzione NS), non sembra constituire una obiezione seria: gli agiustamenti causati dalla *sussidenza* non si propagano atraverso i sedimenti, ma si verificano in grande profondità, sotto la crosta.

Si esamina in seguito altre aree che potrebbero essere risponsabili per il tettonismo in merito. L'autore lo fà in base ad una carta provisoria organizzata dal "Conselho Nacional do Petróleo" con degli elementi raccolti per il processo di refrazione durante i suoi lavori in quest'anno di 1950. Non essendo ancora connosciuta la età dei sedimenti che empiono i basini sotto osservazione — tra i quali, uno, vicinissimo a Manaus, che sembra attingere alla profondità di 2 500 metri — non si può ancora affermare che questi accumulamenti fossero infatti capaci di deformare gli strati più giovani dove si sviluppa la rete delle valli sotto l'influenza del tettonismo. L'autore chiama l'attenzione ad una fratura l'interpretazione dei dati geofisici sembra suggerire nell'imbasamento non lontano di Manaus.

Finalmente, l'autore indica che il ritrovamento di altre *masse sedimentarie* nella valle non invaliderà l'ipotesi qui *formolata*. Ed il fatto di ritrovarsi la stessa orientazione qui indicata, nella struttura de altre regioni del Brasile, verrebe soltanto a suggerire che la sovracarrica sedimentare nella valle amazonica avrebbe determinato un tettonismo in fascie senza consistenza, preesistenti nella crosta della terra, sotto dei strati più giovani che attualmente livellano la planura amazonica.

SUMMARY

Examination of charts at the scale of one to a million and aerial photographs, as well as direct observation from the air have led the writer to suspect that, at least in the general vicinity of Manaus, drainage of the "*terra-firme*" (uplands) in the Amazon plain is, to some

extent, structure-controlled. The courses cut by the rivers in the horizontal or sub-horizontal sandstone appear to follow two predominant directions, which are, roughly speaking, NE-SW and NW-SE.

As an attempt to interpret this pattern, the hypothesis is advanced that it is due to fracturing and faulting of the earth's crust. Slickensides, observed in the sedimentary covering, tend to support the idea, which seems to be borne out further by the report of a seventeenth-century Jesuit missionary, who describes a severe earthquake which occurred on the Manaus area and was felt 300 leagues upstream. Assuming that the drainage actually is oriented by faults and fractures, the writer goes on to enquire into the possible cause of the suggested diastrophism.

It is believed that the problem may be considerably clarified by examining it in the light of knowledge acquired in the Lower Mississippi Valley where exhaustive investigation of the subsurface geology has been carried out. The writer recalls having witnessed the fault which, in April 1943, reft the Recent foodplain near Vaccherie, Louisiana. This surface displacement, actually observed by geologists and geomorphologists of the Mississippi River Commission and of Louisiana State University, focused attention upon the relationship between faulting and the drainage pattern of the valley. Subsequent investigation resulted in the recognition of an extensive fracture pattern. This appears to be directly related to the stresses set up in the earth's crust by downwarping at the delta (under the thick masses of sediments accumulating there) and flow of subcrustal material. With reference to this, the writer alludes to Daubrée's well known experiment, by which a piece of glass, ruptured by torsion, shatters into a fracture pattern similar to that observed in the Lower Mississippi Valley (and, apparently, also in the Amazon Valley). Due caution must, of course, be exercised in considering such results of experimental geology.

After these points are discussed, the writer inquires whether the drainage pattern near Manaus can be explained by a deformation of the earth's crust caused by downwarping of a more or less contiguous area. Is there any accumulation of sediments in the valley large enough to cause subcrustal flow? In order to show that the earth's crust is liable to give way under a relatively small added load, the writer cites the case of Lake Mead (U.S.A.) where the accumulation of water above Boulder Dam caused, not only earth tremors, but a downwarping of more than 12 cm. It thus becomes apparent that, at more than one point in the Amazon plain, thickness of the sediments would be sufficient to overload the earth's crust and cause subsidence. The writer indicates some of the areas where geophysical prospection has shown an appreciable sedimentary fill. The Marajó Island basin is considered first. This sedimentary pile, at the mouth of the Amazon, is estimated to be at least 120 km broad, 500 km long and 3 000 meters deep. An oil well, which is being drilled in the basin, had been driven through 2 230 meters of apparently youthful sediments by December 1950.

Some objections which might be raised against the suggested relation between the Marajó and Manaus structures are reviewed. The writer recalls that, whereas it is true that the distance between the two areas is more than 1 600 km, in the Mississippi Valley tectonic repercussion of the subsiding delta may be observed at a distance of the order of 900 km. That the sediments which fill the Amazon Valley are divided by a buried ridge of basement complex into two separate units (as opposed to the Mississippi deposits, which become progressively thicker from Cairo, Ill. to the Gulf of Mexico) also does not appear to invalidate the hypothesis: adjustments caused by subsidence are not "propagated" through the veneering sedimentary strata, but rather take place at great depth, below the crust.

Next, the writer considers other areas which might perhaps be responsible for the tectonics under consideration. This discussion is based on the provisional subsurface map organized by the Conselho Nacional do Petróleo on the basis of geophysical data just now gathered by the refraction method utilized during this year's (1950) campaign. As the age of the sediments which fill these basins — one, very close to Manaus, seems to pe 2 500 m deep — has not yet been determined, it is impossible to state that their accumulation actually could have caused the deformation of the young deposits in which the tectonically-controlled valleys are believed to exist. An interpretation of the geophysical data suggests the existence of a major fault in the basement, not far from Manaus.

The finding of other thick bodies of sedimentary rock in the valley would not necessarily invalidate the hypothesis formulated in the present paper. Nor would it be destroyed if the same orientation here indicated should be found in the structure of other regions in Brazil: this could merely signify that the overloading set off tectonism along existing zones of weakness in the crust below the younger beds which now level the Amazon Plain.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Untersuchung von Karten im Masstab 1:1 000 000 und von Luftaufnahmen, sowie die direkte Beobachtung aus dem Flugzeug brachten den Verfasser zur Vermutung, dass zumindest in der Umgebung von Manaus die Orientierung der Entwaesserung des Festlandes der Amazonas--Ebene bis zu einem gewissen Grade von der geologischen Struktur abhaengt. Die von den Fluessen eingeschnittenen Taeler scheinen zwei bevorzugten Richtungen zu folgen, die in grossen Linien NE-SW und SE verlaufen.

Bei einem Versuch, diese Anordnung der Flusstaeler zu erklaeren, geht der Verfasser von der Idee aus, als Arbeits-Hypothese, dass sie sich aus einem System von Rissen und Verwerfungen in der Erdkruste ergibt. Das Vorhandensein von gestreiften und glatten Rutschflaechen in den Sediment-Formationen scheint die genannte Hypothese zu erhaerten, die ausserdem noch eine Bestaetigung durch den Bericht eines Jesuitenmissionars des 17. Jahrhunderts zu erhalten scheint, der das starke Erdbeben in der Gegend von Manaus beschreibt, das sich ungefaehr 1 800 km talaufwaerts erstreckt haben soll. Annehmend, dass die hydrographische Anordnung tatsaechlich tektonischen Ursprungs ist, untersucht der Verfasser die Ursache des Diastrophismus.

Er glaubt, dass das Problem an Klarheit gewaenne, wenn man als Vergleich Kenntnisse verwertet, die im Tal des Unterlaufes des Mississippi erworben wurden, wo die Geologie des Untergrundes eingehend erforscht ist. Zu Beginn weist er darauf hin, dass er im April 1943 einer Verwerfung beiwohnte, die die junge Ueberschwemmungs-Ebene bei Vacherie, im Staat Louisiana, zerriss. Die Beobachtung dieser Verschiebung der Oberflaeche erweckte das Interesse der Geologen und Geomorphologen der Mississippi River Commission und der Universitaet des Staates Louisiana auf die Beziehung zwischen dem tektonischen Vorgang und der Entwaesserung dieses Gebietes. Anschliessende Forschungen fuehrten zur Entdeckung von

Rissen und Verwerfungen von grossem Ausmasse. Diese sind scheinbar unmittelbar auf Spannungen in der Erdkruste zurueckzufuehren infolge Absenkung des Deltagebietes (unter dem maechtigen Schichtpaket, das sich dort ansammelt) und der dadurch verursachten Bewegung des Untergrundes. An dieser Stelle erwaehnt der Verfasser das bekannte Experiment von Daubrée, bei dem eine Glasplatte, die durch Torsion zerbrochen ist, in einer aehnlichen Art zersplittert, wie man das im Mississippi-Tal (und scheinbar auch am Amazonas) beobachtet hat. Der Verfasser macht aber darauf aufmerksam, dass man mit solchen Laboratoriums--Ergebnissen bei Uebertragung in die Natur sehr vorsichtig sein muesse.

Kann die Anordnung der Hydrographie des Gebietes von Manaus durch eine Umgestaltung der Erdoberflaeche erklaert werden, die durch Absenkung einer ungefaehr anschliessenden Flaeche verursacht wurde? Ist im Tal irgendeine Anhaeufung von Ablagerungen vorhanden, die eine Verschiebung der Materie des Untergrundes erzeugen koennte? Um zu zeigen, dass die Erdkruste unter einer relativ geringen Belastung nachgeben kann, erwaehnt der Verfasser den Fall von Lake Mead, wo das gestaute Wasser durch die Boulder Talsperre im Colorado-Fluss (U.S.A.) nicht nur lokale Erdbeben, sondern auch eine Absenkung der Kruste von ueber 12 cm hervorrief. Demgemaess stellt man fest, dass die Maechtigkeit der Ablagerungen im Amazonas-Tal an verschiedenen Stellen genuegen wuerde, um die Erdkruste zu ueberlasten und eine Absenkung zu verursachen. Der Verfasser verweist auf einige Stellen, wo die geophysische Prospektion das Vorhandensein von bedeutenden Sedimentmassen zeigte.

An erster Stelle wird das Sediment-Becken der Insel Marajó untersucht. Man schaetzt, dass dieses Schichtpaket an der Muendung des Amazonas mindestens 120 km breit, 500 km lang und 3 000 m tief ist. Bei einer Bohrung auf Erdoel hat man im Dezember 1950 schon 2 230 m scheinbar junge Sedimente durchteuft.

Der Verfasser geht dazu ueber, einige Einwaende zu betrachten, die man gegen die Wechselbeziehungen zwischen den Strukturen von Manaus und der Insel Marajó erheben koennte. Er erinnert daran, dass, wenn die Entfernung zwischen den beiden Gebieten groesser als 1 000 km ist, auch im Mississippi-Tal sich die tektonische Auswirkung der Absenkung in einer Entfernung von ueber 900 km bemerkbar macht. Eine andere Tatsache, naemlich die, dass die die Amazonas-Rinne ausfuellenden Sedimente durch einen Sattel oder eine Schwelle von dem Untergrund in zwei Einheiten getrennt sind (was im Mississippi nicht vorkommt, wo sich regelmaessig die Schichten von Norden nach Sueden verdicken), scheint keinen ernstlichen Einwand zu bilden; die durch die Absenkung verursachten Ausgleichungen durchsetzen nicht die Sedimente, sondern wirken sich erst in grosser Tiefe unter der Erdkruste aus.

Dann untersucht der Verfasser andere Gebiete, die vielleicht den Tektonismus erklaeren koennten. Er benutzt dazu die vorlaeufige Karte des Conselho Nacional do Petróleo, die auf Grund der durch die Refraktions-Methode gesammelten Elemente waehrend der Feldarbeiten im Jahre 1950 organisiert wurde. Da das Alter der Sedimente, die die untersuchten Depressionen ausfuellen — unter ihnen eine in der Naehe von Manaus, die scheinbar die Tiefe von 2 500 m erreicht —, noch nicht bekannt ist, kann man auch nicht beweisen, dass ihre Akkumulation wirklich faehig waere, die jungen Schichten zu deformieren, wo sich das durch die Tektonik bedingte Netz der Taeler entwickelt. Der Verfasser macht auch auf eine Verwerfung aufmerksam, die nach der Interpretation der gewonnenen geophysischen Daten im Grundgebirge nicht weit von Manaus vorhanden zu sein scheint.

Der Verfasser weist darauf hin, dass das Vorkommen von anderen Sediment-Massen im Tal die in diesem Artikel vorgetragene Hypothese nicht entkraeftet. Schliesslich wuerde die Tatsache, dass man auch in der Struktur anderer Gebiete Brasiliens die gleiche hier angegebene Anordnung antrifft, nur andeuten, dass die Ueberlastung durch Sedimente im Amazonas-Tal einen Tektonismus in schon bestehenden Schwaechezonen der Erdkruste unter den juengsten Schichten, die heute die Amazonas-Ebene ausgleichen, verursacht haette.

RESUMO

La ekzameno de kartoj laŭ la skalo de 1 : 1 000 000 kaj de aerfotografajoj, same kiel la rekta observado dum flugo kondukis la aŭtoron al la suspekto, ke, almenaŭ en la ĉirkaŭaĵo de Manaus, la orientiĝo de la dreno de la firma tero de la amazona ebenaĵo dependas, ĝis certa punkto, de la strukturo. La valoj kavigitaj de la riveroj ŝajne sekvas du prefarajn direktojn, nome, *grosso modo*, NE-SW kaj NW-SE.

Provante interpreti tiun normon, la aŭtoro proponas, kiel laborhipotezon, la ideon, ke ĝi rezultas de iu sistemo de rompiĝoj kaj mankoj sur la terkrusto. La ĉeesto de striitaj kaj poluritaj glitsurfacoj en la sedimentaj formacioj ŝajnas firmigi la prezentitan hipotezon, kiu ŝajne trovas plian konfirmon en raporto de jezuita misiisto en la XVII-a jarcento, kiu priskribas intensan tertremon en la regiono de Manaus, kaj tiu tretremo laŭdire atingis supren en la valo ĉirkaŭ tricent trimejlojn. Akceptante, ke la hidrografia normo havas fakte tektonikan originon, la aŭtoro demandas pri la kialo de la diastrofismo.

Li kredas, ke la problemo gajnos en klareco, se ĝi estos ekzamenita ĉe la lumo de la konoj akiritaj en la valo de la Malalta Mississippi, kie la subsurfaca geologio estas plenplene studita. Komence li rakontas, ke li vidis, en Aprilo 1943, iun mankon, kiu rompis la freŝdatan inundeblan ebenaĵon proksime de Vacherie, en Louisiana. La observado de tiu delokiĝo de la surfaco stimulis la intereson de la geologoj kaj geomorfologoj de Mississipi River Commission kaj de la Universitato de Ŝtato Louisiana pri la tektonismo kiel orientanta aganto de la dreno en la regiono. Sekvaj esploroj kondukis al la eltrovo de vastampleksa normo de rompiĝoj kaj mankoj. Tiu ŝajnas esti rekte atribuebla al la tensioj kreitaj sur la terkrusto de la subsidenco en la delta regiono (sub la dika pako el sedimentoj, kiu tie amasiĝas) kaj la sinsekva alfluo de subkrusta materialo. Ĉe tiu punkto la aŭtoro aludas al konata eksperimento de Daubrée, kie vitrolameno, rompita per tordo, fragmentiĝas laŭ ia normo simila al tiu observita en la valo de Mississippi (kaj, laŭŝajne, ankaŭ en Amazono); sed li admonas, ke oni devas agi singarde, kiam oni transigas al la naturo tiujn rezultatojn de laboratorio.

Ĉu la hidrografia normo de la regiono de Manaus povas esti klarigata per iu misformigo produktita sur la terkrusto age de la malaltiĝo de pli malpli apuda areo? Ĉu estas en la valo iu amaso da sedimentoj, kapabla produkti delokiĝon de la subkrusta materio? Por montri, ke la terkrusto povas fleksiĝi sub relative malgranda superŝarĝo, la aŭtoro citas la okazon de lago Mead, kie la akvo amasigita supre kluzo Boulder, en rivero Colorado (Usono), estigis ne nur lokajn tertremojn, sed ankaŭ enprofundiĝon de la krusto je pli ol 12 cm. Sekve, oni konstatas, ke en pli ol unu loko la dikeco de la sedimentoj en la amazona valo estus sufiĉa por superŝarĝi la kruston kaj kaŭzi subsidencon. La aŭtoro indikas kelkajn punktojn, kie la geofizika prospekcio montris la ekziston de konsiderindaj masoj da sedimentoj.

Estas ekzamenita unue la sedimenta baseno de insulo Marajó. Oni taksas, ke tiu pako, ĉe la buŝo de Amazono, estas almenaŭ 120 km larĝa, 500 km longa kaj 3 000 profunda. En la boro de petrolputo oni jam estis trapasinta, en Decembro 1950, 2 230 metrojn da sedimentoj laŭŝajne junaj.

Poste la aŭtoro ekzamenas kelkajn el la kontraŭparolojn, kiujn oni povus fari al la interrespondeco inter la strukturoj de Manaus kaj de Marajó. Li memorigas, ke, se la distanco inter la du areoj estas supera al 1 000 km, ankaŭ en la valo de Mississipi la tektonika reefiko de la subsidenco estas sentata je distanco de 900 km. Alia fakto — ke la sedimentoj, kiuj plenigas la amazonan sulkon, estas dividitaj en du unuojn per unu selo aŭ sojlo de la baziĝo (kio ne okazas en Mississippi, kie la pako dikiĝas regule de la nordo al la sudo) ne ŝajnas esti serioza kontraŭparolo: la alĝustigoj kaŭzitaj de la subsidenco ne "diskreskas" tra la sedimentoj, sed okazas en granda profundeco, malsupre de la krusto.

Sekve la aŭtoro ekzamenas aliajn areojn, kiuj povus eble respondi por la konsiderata tektonismo. Li faras tion sur la bazo de provizora mapo, organizita de la Nacia Kinsilantaro de Petrolo per elementoj kolektitaj, per la procedo de la refrakto, dum ĝia kampanjo de la nuna jaro 1950. Ĉar ne estas ankoraŭ konata la aĝo de la sedimentoj, kiuj plenigas la konsideratajn baseniĝojn — inter ili, unu, tre proksima de Manaus, kiu ŝajne antigas la profundecon de 2 500 m —, oni ne povas ankoraŭ certigi, ke ilia amasiĝo estus estinta, fakte, kapabla disformigi la junajn tavolojn, kie disvolviĝas la reto de valoj kontrolataj de la tektoniko. La aŭtoro atentigas al lumanko, ti kiun la interpretado de la geofizikaj donitajoj kolektitaj ŝajnas sugestii en la baziĝo ne malproksima de Manaus.

La aŭtoro indikas, ke la trovo de aliaj sedimentaj masoj en la valo ne nuligos la hipotezon formulitan en ĉi tiu artikolo. Fine, la fakto, ke oni trovus ankaŭ en la strukturo de aliaj brazilaj regionoj la saman orientiĝon indiktan ĉi tie, venus nur sugestii, ke la sedimenta superŝargo en la amazona valo ekkaŭzis tektonismon en malfortaj strioj antaŭe ekzistantaj sur la terkrusto, sub la pli novaj tavoloj, kiuj nune nivelas la amazonan ebenajon.

AMAZONAS
GOVERNO DO ESTADO

Comunicado